

И. В. ЛЮТЕНКО, ст. преп. каф. АСУ,
В. Ю. ГЛЯДКОВСКИЙ, студент НТУ «ХПИ»

ВОПРОСЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ФОНДА В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ НЕЧЕТКОЙ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статті розглядається задача вибору інвестиційних проєктів вищих учбових закладів при розподілі коштів на рівні фонду. Пропонується підхід до визначення привабливості проєктів за нефінансовими показниками для різних споживачів на підставі нечіткого логічного виводу.

В статье рассматривается задача выбора инвестиционных проектов высших учебных заведений при распределении средств на уровне фонда. Предлагается подход к определению привлекательности проектов по нефинансовым показателям для различных потребителей на основании нечеткого логического вывода.

In the article the task of choice of investment projects of higher educational establishments is examined at distributing of facilities at the level of fund. Offered approach to determination of attractiveness of projects on unfinancial indexes for different users on the basis of indistinct logical conclusion.

Введение. В настоящее время состояние высшего образования на Украине определяется острым дефицитом финансовых и материальных ресурсов. В то же время наблюдается ситуация растущего спроса на услуги высшего образования [1].

Финансовое обеспечение деятельности ВУЗов осуществляется как за счёт бюджетных средств, так и за счёт привлечения дополнительных источников финансирования, в том числе и инвестиций.

Проекты развития ВУЗов требуют больших материальных и финансовых затрат, которые не могут быть предоставлены одним инвестором. Поэтому модель инвестирования рассматривается как трехуровневую система «инвесторы – инвестиционный фонд – ВУЗы» [2].

Проблема распределения инвестиций между альтернативными проектами – это задача принятия решений, которая рассматривается, чаще всего, как задача многокритериальной оптимизации. Она состоит в отыскании проектов, максимально соответствующих общей цели, определяемой экспертами [3].

Поскольку выбор альтернативных проектов сопряжен с различного рода неопределенностями оценок множества возможных альтернатив, неточностями, недостаточной обоснованностью суждения лиц, принимающих решения, то для описания неопределенностей, часто используют теорию нечетких множеств, которая успешно используется для решения задач моделирования, прогнозирования и управления в самых различных областях.

Постановка задачи. Рассмотрим задачу выбора инвестиционных проектов ВУЗов при распределении средств на уровне фонда с учетом оценок привлекательности проектов ВУЗов.

Обозначим множество ВУЗов N . Каждый n -й ВУЗ ($n \in N$) формирует множество проектов I_n . Предположим, что рассматриваются только проекты одного временного масштаба. Проект может охватывать несколько специальностей $j, (j \in J_n)$ (где J_n – множество специальностей n -го ВУЗа, J – множество всех специальностей, $J_n \subset J$). Каждый i -й проект n -го ВУЗа для фонда имеет стоимость r_i^n . Проект может быть либо принят фондом, либо отклонен. Флаг принятия или отклонения i -го проекта n -го ВУЗа – x_i^n . Для каждого ВУЗа может быть принят только один проект для одного временного интервала. Сумма всех инвестиционных средств фонда – R . Средства могут быть израсходованы как полностью, так и частично. Финансирование i -го проекта позволяет n -му ВУЗу подготовить Δu_{ij}^n количество специалистов по j -й специальности ($n \in N, i \in I_n, j \in J_n$). Таким образом, требуется найти вектор $\vec{x} = \{x_i^n : x_i^n \in \{0,1\}, i \in I_n, n \in N\}$ при заданных ресурсных ограничениях. Привлекательность каждой j -й специальности можно рассматривать с точки зрения потребителей всех трех уровней:

γ_j^n – привлекательность j -й специальности n -го ВУЗа с точки зрения физических лиц (престиж ВУЗа);

ρ_j^n – привлекательность j -й специальности n -го ВУЗа с точки зрения юридических лиц;

δ_j – привлекательность j -й специальности с точки зрения государства.

Модель задачи будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum_{j \in J} \delta_j \left(\sum_{n \in N} \sum_{i \in I_n} (\Delta u_{ij}^n x_i^n) \right) \rightarrow \max, \\ F_2 &= \sum_{j \in J} \sum_{n \in N} \rho_j^n \sum_{i \in I_n} (\Delta u_{ij}^n x_i^n) \rightarrow \max, \end{aligned} \quad (1)$$

$$F_3 = \sum_{j \in J} \sum_{n \in N} \gamma_j^n \sum_{i \in I_n} (\Delta u_{ij}^n x_i^n) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{n \in N} \sum_{i \in I_n} r_i^n x_i^n \leq R, \quad (2)$$

$$x_i^n \in \{0,1\}, i \in I_n, n \in N. \quad (3)$$

Рассмотрим решение задачи выбора инвестиционных проектов ВУЗов при распределении ресурсов инвестиционного фонда на основании нечеткого

логического вывода (НЛВ). Для наглядности – задачу с одним ЛПР D , участвующего в решении задачи выбора проектов и распределения ограниченных ресурсов. Пусть $P = \{P_i, i = \overline{1, n}\}$ – множество предложенных проектов; $R = \{R_j, j = \overline{1, m}\}$ – набор ограничений. Требуется распределить инвестиции между проектами P при удовлетворении ограничениям R .

При решении поставленной задачи аппарат НЛВ применим к каждому проекту $P_i, i = \overline{1, n}$. Для проектов P на основе экспертных оценок определим набор значимых критериев $C = \{C_l, l = \overline{1, h}\}$. Таким образом, в данной постановке задачи используем НЛВ с h входами и одним выходом.

Входные величины – это частные четкие оценки \bar{S}_l ЛПР для проекта P по каждому критерию C_l , где $l = \overline{1, h}$. Наиболее удобно в данной ситуации простое ранжирование параметров проектов ЛПР на непрерывном числовом отрезке. Для поставленной задачи такими критериями являются важность подготовки специалистов по некоторой специальности для субъектов инвестиционной деятельности, и эффективность инвестиционных проектов. При этом оценки по критерию важность могут даваться самими участниками инвестиционного процесса, а оценки по критерию эффективность могут быть выработаны экспертами на основании анализа результатов, полученных при формировании механизмов финансирования проектов.

Выходные величины – четкая степень \bar{A} привлекательности проекта P . Степень привлекательности проекта \bar{A} может принимать значение от 0 до 1.

Определение привлекательности проекта. Рассмотрим один из возможных подходов к решению этой задачи, в основу которого положена система НЛВ, а также теория нечетких множеств.

НЛВ определяет нелинейное отображение вектора входных данных в скалярное выходное значение с помощью нечетких правил. НЛВ с многомерным выходом рассматривается как набор независимых НЛВ с многомерным входом и одномерным выходом.

НЛВ состоит из трех компонентов: фаззификатора, механизма логического вывода и дефаззификатора.

Фаззификатор определяет степень принадлежности входных значений нечетким множествам входа – лингвистическим переменным. Данная процедура вызвана необходимостью использования лингвистических правил.

Ядром механизма логического вывода является база правил, содержащая лингвистические правила, определенные экспертами, или правила, полученные из числовых статических данных. Механизм логического вывода отображает входные нечеткие множества в выходные. Правила выполняются параллельно. Порядок их выполнения не влияет на результат – это отличительная особенность НЛВ. Выходные нечеткие множества каждого правила агрегируются в одно нечеткое множество выхода.

Дефаззификатор отображает нечеткое множество выхода в нечеткое множество, содержащее диапазон выходных значений, дефаззификатор преобразует в одно числовое значение, удобное для дальнейшего использования.

Фаззификатор. Оценки \bar{S}_l на этапе фаззификатора ранжируются на шкале лингвистических переменных $T_{xl} = \{T_{xl}^1, T_{xl}^2, \dots, T_{xl}^{m_x}, l = \overline{1, h}\}$, и далее уже используются получаемые таким образом нечеткие оценки \bar{S}_l [3]. Например, ранжирование по такому критерию, как важность специальности может происходить по пятизначной шкале лингвистических переменных: {очень не важный, не важный, средней важности, важный, очень важный}.

Механизм логического вывода – база правил. Аналогично входным значениям определяется набор лингвистических переменных и для результатов правил $T_y = \{T_y^1, T_y^2, \dots, T_y^{m_y}\}$: степень привлекательности проекта = {не привлекателен, мало привлекателен, привлекателен, очень привлекателен}.

Рассмотрим НЛВ с двумя входами ($h=2$) и одним выходом. Пусть два входа – это x_1 важность и x_2 эффективность проекта, определяемые в диапазоне от 0 до 10. Выход – y привлекательность проекта, принимающая значения в диапазоне от 0 до 1. Важность описывается следующим набором лингвистических переменных: $x_1 = \{\text{низкая, средняя, высокая}\}$; эффективность $x_2 = \{\text{низкая, средняя, высокая}\}$; привлекательность $y = \{\text{очень низкая, низкая, средняя, высокая, очень высокая}\}$.

База правил *Rules* состоит из набора правил в формате: *Rule* = "если x_1 есть T_{x1}^{any} и x_2 есть T_{x2}^{any} ... и x_h есть T_{xh}^{any} , то y есть T_y^{any} ",

Для рассматриваемой задачи база правил выглядит следующим образом.

Rule1 = если важность: низкая и эффективность: низкая, то привлекательность: очень низкая;

Rule2 = если важность: низкая и эффективность: средняя, то привлекательность: низкая;

Rule3 = если важность: низкая и эффективность: высокая, то привлекательность: средняя;

Rule4 = если важность: средняя и эффективность: низкая, то привлекательность: низкая;

Rule5 = если важность: средняя и эффективность: средняя, то привлекательность: средняя;

Rule6 = если важность: средняя и эффективность: высокая, то привлекательность: высокая;

Rule7 = если важность: высокая и эффективность: низкая, то привлекательность: средняя;

Rule8 = если важность: высокая и эффективность: средняя, то привлекательность: высокая;

Rule9 = если важность: высокая и эффективность: высокая, то привлекательность: очень высокая;

Если правило в части «если» содержит более одного условия, то необходимо воспользоваться нечетким оператором для определения одного числа – результата применения данного правила. Другими словами, необходимо получить степень исполнения данного правила – степень принадлежности для нечеткого множества выхода: значения из части правила, относящейся к «то».

На практике обычно используют операторы минимума и произведения.

$$\mu(y) = \min(\mu(x_1), \mu(x_2), \dots, \mu(x_h)), \mu(y) = \mu(x_1) * \mu(x_2) * \dots * \mu(x_h), \quad (4)$$

где $\mu(x_1), \mu(x_2), \dots, \mu(x_h)$ - степень принадлежности значений входов и результата применения к соответствующим нечетким множествам лингвистических переменных.

Для нашего случая операции (4) принимают следующий вид:

$$\mu(y) = \min(\mu(x_1), \mu(x_2)), \mu(y) = \mu(x_1) * \mu(x_2). \quad (5)$$

После того, как станут известны степени срабатывания всех правил, необходимо произвести агрегацию выходных нечетких множеств всех сработавших правил. Результатом агрегации будет одно нечеткое множество, представляющее выход механизма логического вывода. Наиболее часто используется агрегация методом максимума:

$$\mu_y = \max(\mu^1(y), \mu^2(y), \dots, \mu^k(y)), \quad (6)$$

где k – количество сработавших правил.

Дефаззификатор. Для получения окончательного выхода НЛВ воспользуемся процедурой дефаззификации. На данном этапе агрегированное после выполнения правил нечеткое множество выхода отображается в четкое число [3].

Центроидный метод дефаззификации. Определяется центр тяжести (центроид), который и является результатом \bar{y} . Для непрерывно и дискретно заданных нечетких чисел множества соответственно:

$$\bar{y} = \frac{\int y \mu(y) dy}{\int \mu(y) dy}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \mu(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(y_i)}. \quad (7)$$

Метод максимума. Определяется выход \bar{y} , для которого степень принадлежности $\mu(y)$ принимает наибольшее значение. Если несколькими значениями y соответствует максимальная степень принадлежности, то, как правило, в качестве выхода \bar{y} берется среднее. Следует заметить, что выход данного метода очень чувствителен к доминирующему правилу в базе правил.

Метод центра максимумов. Выходом \bar{y} является средняя точка между центрами наибольших значений в функции принадлежности $\mu(y)$.

Итак, по описанной выше схеме аппарат НЛВ в задаче выбора инвестиционных проектов при распределении инвестиций применяется для каждого проекта $P_i, i = \overline{1, n}$ и в результате получаем четкие степени привлекательности \bar{A} каждого проекта.

Выводы. Основным результатом исследования является разработка алгоритма решения задачи оценки привлекательности проектов, который может быть использован для решения задачи выбора инвестиционных проектов высших учебных заведений при распределении средств на уровне фонда.

Решение задачи оценки степени привлекательности проектов было получено на основании нечеткого логического вывода и теории нечетких множеств.

Данный подход к решению задачи по сравнению с другими имеет ряд преимуществ: доступность, удовлетворительный результат, простота вычислений, достижение баланса между интересами различных групп. Кроме того, подход, основанный на теории нечетких множеств, можно достаточно успешно использовать для решения реальных задач распределения инвестиций в условиях неопределенностей и неточной информации.

Исследуемые процессы управления инвестиционной деятельностью в системе высшего образования могут быть успешно использованы практически для всех предприятий социальной сферы.

Список литературы: 1. Годлевский М.Д., Чердниченко О.Ю., Лютенко И.В. Инвестиции в сфере высшего образования // Вестник национального технического университета «ХПИ» Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии» – 2005. – №59. – С.135-139 2. Чердниченко О.Ю., Лютенко И.В. Классификация задач управления инвестициями в системе высшего образования. XIII Міжнародна конференція з автоматичного управління (Автоматика - 2006). Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції. м. Вінниця, 25-28 вересня 2006 року. – Вінниця, УНІРСУМ-Вінниця, 2006. 3. Коршевнюк Л.А., Бирюк П.И. Решение задачи распределения инвестиций на основе нечеткого логического вывода // системные исследования и информационные технологии. – 2003. – №2. С.34 – 42. 4. Стародубов А.В. Разработка инструментального средства и нечетких моделей для многокритериального выбора рациональных инвестиционных решений. – Волгоград: Математические и инструментальные методы экономики, 2007.

Поступила в редколлегию 15.11.07